



Rec'd PCT/PTO 21 DEC 2004
REC'D 08 SEP 2003
WIPO PCT

10/518597

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 26 JUIN 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

25 JUIN 2002
REMISSION DES PIÈCES
DATE 69 INPI LYON
LIEU 0207873
N° D'ENREGISTREMENT
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W /190600

6 MANDATAIRE	
Nom MOUGEOT	
Prénom Jean Claude	
Cabinet ou Société PECHINEY	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel PG 9820 - LC004A	
Adresse	Rue Immeuble "SIS" - 217 Cours Lafayette
	Code postal et ville 69451 LYON CEDEX 06
N° de téléphone (facultatif)	
N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)	
7 INVENTEUR (S)	
Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE	
Établissement immédiat <input checked="" type="checkbox"/> ou établissement différé <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES	
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)	
Jean Claude MOUGEOT	
VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
F. FEUILLET	

Pièce moulée en alliage d'aluminium à haute résistance au fluage

5 Domaine de l'invention

L'invention concerne les pièces moulées en alliage d'aluminium soumises à des contraintes thermiques et mécaniques élevées, notamment les culasses et les carters de moteurs à combustion interne, et plus particulièrement de moteurs turbochargés à essence ou diesel. On trouve également, en dehors de l'automobile des pièces soumises aux mêmes types de contraintes, par exemple dans le domaine de la mécanique ou de l'aéronautique.

Etat de la technique

15

Dans la fabrication des culasses de moteurs, on utilise habituellement deux familles d'alliages d'aluminium :

- 1) les alliages contenant de 5 à 9% de silicium, de 3 à 4% de cuivre et du magnésium. Il s'agit le plus souvent d'alliages de seconde fusion, avec des teneurs en fer comprises entre 0,5 et 1%, et des teneurs en impuretés, notamment en manganèse, zinc, plomb, étain ou nickel, assez élevées. Ces alliages sont généralement utilisés sans traitement thermique (état F) ou simplement stabilisés (état T5). Ils sont plutôt destinés à la fabrication de culasses de moteurs à essence assez peu sollicités thermiquement. Pour les pièces plus sollicitées destinées aux moteurs diesel ou turbo-diesel, on utilise des alliages de première fusion, avec une teneur en fer inférieure à 0,3%, traités thermiquement à l'état T6 (revenu au pic de résistance mécanique) ou T7 (sur-revenu).
- 2) Les alliages de première fusion contenant de 7 à 10% de silicium et du magnésium, traités à l'état T6 ou T7, pour les pièces les plus sollicitées comme celles destinées aux moteurs turbo-diesel.

Ces deux grandes familles d'alliages conduisent à des compromis différents entre les diverses propriétés d'emploi : résistance mécanique, ductilité, tenue au fluage et à la fatigue. Cette problématique a été décrite par exemple dans l'article de R. Chuimert

et M. Garat : « Choix d'alliages d'aluminium de moulage pour culasses Diesel fortement sollicitées », paru dans la Revue SIA de mars 1990. Cet article résume ainsi les propriétés de 3 alliages étudiés :

- Al-Si5Cu3MgFe0,15 T7 : bonne résistance – bonne ductilité
- 5 - Al-Si5Cu3MgFe0,7 F : bonne résistance – faible ductilité
- Al-Si7Mg0,3Fe0,15 T6 : faible résistance – extrême ductilité

La première et la troisième combinaison alliage-état peuvent être utilisées pour les culasses fortement sollicitées. Cependant, on a continué à rechercher un compromis amélioré entre résistance et ductilité. Le brevet FR 2690927 au nom de la demanderesse, déposé en 1992, décrit des alliages d'aluminium résistant au fluage contenant de 4 à 23% de silicium, au moins l'un des éléments magnésium (0,1 – 1%), cuivre (0,3 – 4,5%) et nickel (0,2 – 3%), et de 0,1 à 0,2% de titane, de 0,1 à 0,2% de zirconium et de 0,2 à 0,4% de vanadium. On observe une amélioration de la tenue au fluage à 300°C sans perte notable de l'allongement mesuré à 250°C.

15 L'article de F. J. Feikus « Optimization of Al-Si cast alloys for cylinder head applications » AFS Transactions 98-61, pp. 225-231, étudie l'ajout de 0,5% et 1% de cuivre à un alliage AlSi7Mg0,3 pour la fabrication de culasses de moteurs à combustion interne. Après un traitement T6 classique comportant une mise en solution de 5 h à 525°C, suivi d'une trempe à l'eau froide et d'un revenu de 4 h à 20 165°C, il n'observe aucun gain en limite d'élasticité, ni en dureté à température ambiante, mais à des températures d'utilisation au delà de 150°C, l'ajout de cuivre apporte un gain significatif de limite d'élasticité et de résistance au fluage.

25 Le brevet EP 1057900 (VAW Aluminium), déposé en 1999, est un développement dans la même voie et décrit l'ajout à un alliage Al-Si7Mg0,3Cu0,35 de quantités étroitement contrôlées de fer (0,35 – 0,45%), de manganèse (0,25 – 0,30%), de nickel (0,45 – 0,55%), de zinc (0,10 – 0,15) et de titane (0,11 – 0,15%). Cet alliage présente aux états T6 et T7 une bonne résistance au fluage, une conductivité thermique élevée, une ductilité satisfaisante et une bonne tenue à la corrosion.

30 Le but de la présente invention est d'améliorer encore la résistance au fluage des pièces moulées en alliages du type AlSiCuMg dans le domaine de température 250-300°C, sans dégrader leur ductilité, et en évitant la multiplication des éléments d'addition qui peuvent poser problème au recyclage.

Objet de l'invention

L'objet de l'invention est une pièce moulée à haute résistance au fluage en alliage de composition (% en poids) :

5	Si : 5 – 11	et de préférence 6,5 – 7,5
	Fe < 0,4	et de préférence < 0,2
	Mg : 0,15 – 0,6	« « 0,25 – 0,4
	Cu : 0,3 – 1,2	« « 0,4 – 0,6
	Ti : 0,05 – 0,25	« « 0,08 – 0,20
10	Zr : 0,05 – 0,25	« « 0,12 – 0,18
	Mn < 0,4	« « < 0,1
	Zn < 0,2	« « < 0,1
	Ni < 0,4	« « < 0,1

autres éléments < 0,10 chacun et 0,30 au total, reste aluminium.

15 La pièce est, de préférence, traitée par mise en solution, trempe et revenu à l'état T6 ou T7.

Description de l'invention

20 L'invention repose sur la constatation par la demanderesse qu'en ajoutant une faible quantité de zirconium à un alliage au silicium contenant moins de 1,2% de cuivre et moins de 0,6% de magnésium, on pouvait obtenir, sur des pièces moulées traitées à l'état T6 ou T7, une bonne résistance au fluage dans le domaine 250-300°C, sans perte de ductilité. Ce résultat est obtenu sans avoir à utiliser des éléments comme le nickel ou le vanadium qui posent des problèmes au recyclage. De plus, le nickel a l'inconvénient de réduire la ductilité de la pièce.

25 Comme la plus grande partie des alliages destinés à la fabrication des culasses de moteurs, l'alliage contient de 5 à 11% de silicium, et de préférence de 6,5 à 7,5%. Le fer est maintenu en dessous de 0,4%, et de préférence en dessous de 0,2%, ce qui

30 veut dire qu'il s'agit plutôt d'un alliage de première fusion. Le magnésium, à une teneur centrée autour de 0,3%, est également un élément d'addition habituel des alliages pour culasses.

L'addition de 0,3 à 1,2%, et de préférence de 0,4 à 0,6%, de cuivre permet d'améliorer la résistance mécanique sans affecter la résistance à la corrosion. De plus, la demanderesse a constaté que, dans ces limites, la ductilité et la résistance au fluage des pièces à l'état T6 ou T7 n'étaient pas abaissées.

5 La teneur en titane est maintenue entre 0,05 et 0,25%, ce qui est assez habituel pour ce type d'alliage. Le titane contribue à l'affinage du grain primaire lors de la

solidification, mais, dans le cas des alliages selon l'invention, il contribue aussi, en liaison avec le zirconium, à la formation, lors de la mise en solution de la pièce moulée, de dispersoïdes très fins ($< 1 \mu\text{m}$) AlSiZrTi situés à cœur de la solution solide α -Al qui sont stables au-delà de 300°C, contrairement aux phases Al_2CuMg , AlCuMgSi , Mg_2Si et Al_2Cu qui coalescent à partir de 150°C.

Ces phases de dispersoïdes ne sont pas fragilisantes contrairement aux phases au fer AlSiFe et AlSiMnFe de taille importante (20 à 100 μm), ainsi qu'aux phases au nickel, qui se forment à la coulée dans les espaces interdendritiques.

10 15 Les pièces sont fabriquées par les procédés habituels de moulage, notamment le moulage en coquille par gravité et le moulage basse pression, mais également le moulage au sable, le squeeze casting (en particulier dans le cas d'insertion de composites) et la moulage à mousse perdue (lost foam).

Le traitement thermique comporte une mise en solution typiquement de 3 à 10 h à 20 une température comprise entre 500 et 545°C, une trempe de préférence à l'eau froide, une attente entre trempe et revenu de 4 à 16 h, et un revenu de 4 à 10 h à une température comprise entre 150 et 240°C. La température et la durée du revenu sont ajustées de manière à obtenir, soit un revenu au pic de résistance mécanique (T6), soit un sur-revenu (T7).

25 25 Les pièces selon l'invention, et notamment les culasses et les carters de moteur d'automobile ou d'avion, présentent à la fois une résistance mécanique élevée, une bonne ductilité, et une résistance au fluage supérieure à celle des pièces de l'art antérieur.

30 Exemple

On a élaboré dans le creuset en carbure de silicium d'un four électrique 100 kg d'alliage A de composition (% en poids) :

Si = 7,10 Fe = 0,15 Mg = 0,37 Ti = 0,14 Sr = 170 ppm

100 kg d'alliage B de même composition avec une addition complémentaire de 0,49% de cuivre

100 kg d'alliage C de même composition que B avec une addition complémentaire de 0,14% de zirconium.

Ces compositions ont été mesurées par spectrométrie d'émission par étincelle, sauf pour Cu et Zr qui ont été mesurés par spectrométrie d'émission à plasma induit.

On a coulé 50 éprouvettes coquille de traction AFNOR de chaque alliage. Ces éprouvettes ont été soumises à un traitement thermique comportant une mise en solution de 10 h à 540°C, précédée pour les alliages au cuivre B et C d'un palier de 4 h à 500°C pour éviter la brûlure, une trempe à l'eau froide, une maturation à la température ambiante de 24 h et un revenu de 5 h à 200°C.

A partir de ces éprouvettes, on a usiné des éprouvettes de traction et des éprouvettes de fluage de manière à mesurer les caractéristiques mécaniques (résistance à la rupture R_m en MPa, limite d'élasticité $R_{p0,2}$ en MPa et allongement à la rupture A en %) à la température ambiante, à 250°C et à 300°C. Les résultats sont indiqués au tableau 1 :

Tableau 1

20

	R _m	R _{p0,2}	A	R _m	R _{p0,2}	A	R _m	R _{p0,2}	A
Temp.	Amb.	Amb.	Amb.	250°C	250°C	250°C	300°C	300°C	300°C
A	299	257	9,9	61	55	34,5	43	40	34,5
B	327	275	9,8	73	66	34,5	44	40	34,6
C	324	270	9,8	68	63	34,5	45	42	35,0

On constate que l'addition de cuivre à l'alliage A est favorable à la résistance mécanique, aussi bien à froid qu'à chaud, sans modifier l'allongement, et que l'addition de zirconium à B est pratiquement sans influence sur les caractéristiques mécaniques.

On a mesuré ensuite sur les éprouvettes de fluage, pour les alliages B et C, l'allongement (en %) après 100 h à 250°C et 300°C sous différents niveaux de contrainte (en MPa). Les résultats sont indiqués au tableau 2 :

Tableau 2

Température (°C)	250	250	300
Contrainte (MPa)	45	40	22
A (%) alliage B	2,43	0,134	0,136
A(%) alliage C	0,609	0,079	0,084

5 On constate qu'à température et contrainte identiques, l'alliage C avec addition de zirconium présente un comportement au fluage nettement amélioré, la déformation sous charge constante étant réduite, selon le cas, de 40 à 75%..

Revendications

1. Pièce moulée à haute résistance au fluage en alliage de composition (% en poids) :
 - 5 Si : 5 – 11
 - Fe < 0,4
 - Mg : 0,15 – 0,6
 - Cu : 0,3 – 1,2
 - 10 Ti : 0,05 – 0,25
 - Zr : 0,05 – 0,25
 - Mn < 0,4
 - Zn < 0,2
 - Ni < 0,4
- 15 autres éléments < 0,10 chacun et 0,30 au total, reste aluminium.
2. Pièce selon la revendication 1, caractérisée en ce que sa teneur en silicium est comprise entre 6,5 et 7,5%.
- 20 3. Pièce selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que sa teneur en fer est inférieure à 0,2%.
4. Pièce selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que sa teneur en magnésium est comprise entre 0,25 et 0,4%.
- 25 5. Pièce selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que sa teneur en cuivre est comprise entre 0,4 et 0,6%.
6. Pièce selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que sa teneur en titane est comprise entre 0,08 et 0,20%.
- 30 7. Pièce selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que sa teneur en zirconium est comprise entre 0,12 et 0,18%.

8. Pièce selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que sa teneur en manganèse est inférieure à 0,1%.

5 9. Pièce selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que sa teneur en zinc est inférieure à 0,1%.

10. Pièce selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que sa teneur en nickel est inférieure à 0,1%.

10

11. Pièce selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce qu'elle est traitée par mise en solution, trempe et revenu à l'état T6 ou T7.

12. Pièce selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce qu'elle est une 15 culasse ou un carter de moteur d'automobile ou d'avion.



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
Code de la propriété Intellectuelle - Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .../...

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 13 W /260399

Vos références pour ce dossier (facultatif)	BR 3493 JCM/NC	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02 03873	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PIECE MOULEE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM A HAUTE RESISTANCE AU FLUAGE		
LE(S) DEMANDEUR(S) : PECHINEY Monsieur Jean-Claude MOUGEOT Immeuble "SIS" 217 Cours Lafayette 69451 LYON CEDEX 06		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		LASLAZ
Prénoms		Gérard
Adresse	Rue	714 Route du Mercier
	Code postal et ville	38570 LE CHEYLAS
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		GARAT
Prénoms		Michel
Adresse	Rue	5 Chemin des Mûriers
	Code postal et ville	38430 MOIRANS
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
25 Juin 2002		
Jean Claude MOUGEOT		